

Araştırma Makalesi / Research Article

Burdur, Eğirdir, Sapanca ve Tuz Gölleri Su Seviyelerinin Nonparametrik İstatistik Yöntemler ile Eğilim Analizi**Serdar GÖNCÜ¹, Erdem Ahmet ALBEK¹, Mine ALBEK^{1*}**¹Anadolu Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Eskişehir.

*e-posta: mlule@anadolu.edu.tr

Geliş Tarihi: 01.11.2016 ; Kabul Tarihi: 19.06.2017

Özet

Göl seviyelerinde iklim değişikliği ve insan kaynaklı su kullanımları gibi faktörler nedeniyle önemli değişiklikler gözlemlenmektedir. Bu nedenle özellikle son yıllarda iklim değişikliği ve etkileri ile ilgili bilimsel çalışmalarda bir artış ortaya çıkmaktadır. Bu çalışmada, Türkiye’de bulunan Eğirdir, Burdur, Sapanca ve Tuz Göl’lerinin göl seviyeleri Mann-Kendall, Seasonal-Kendall gibi Eğilim Analiz Yöntemleri ile incelenmiştir. Çalışmada, Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü’nün 2007 yılında yayınlamış olduğu Göl Seviyeleri [1943-2005] kitabındaki veriler kullanılmıştır. Yapılan analizler sonucunda Burdur ve Eğirdir Göl seviyelerinin azaldığı, Sapanca Gölünde ise seviyenin arttığı belirlenmiştir. Tuz Gölündeki seviyenin ise anlamlı düzeyde bir değişiklik yaşamadığı belirlenmiştir. Eğirdir Gölündeki azalma özellikle bu gölden beslenen Kovada I ve II HES’lerinin enerji üretim kapasitesinin azalmasına neden olabileceği, Burdur Gölündeki su azalmasının ise bölgedeki tarımsal faaliyetleri olumsuz etkileyebilecektir. Sapanca Gölündeki su seviyesindeki artışın ise çevre arazilerde su taşkınlarına sebep olabileceği düşünülmektedir.

Anahtar kelimeler

Burdur Gölü; Eğirdir Gölü; Sapanca Gölü; Tuz Gölü; Mann-Kendall; Sezonal Kendall; Bölgesel Kendall; Eğilim analizi.

Trend Analysis of Burdur, Eğirdir, Sapanca and Tuz Lake Water Levels Using Nonparametric Statistical Methods**Abstract**

Significant changes in lake levels are observed due to factors like climate change and water use. The studies concerning these changes are also increasing in recent years. In this study, the changes in water levels of four lakes in Turkey, namely, Burdur, Eğirdir, Sapanca and Tuz are investigated using Mann-Kendall and seasonal Kendall trend analysis techniques. The water level data come from the book of Lake Level (1943-2005) of the General Directorate of Electrical Power Resources Survey and Development Administration. The trend analysis revealed that the levels of Eğirdir and Burdur lakes decreased within the analysis period and the level of Sapanca Lake increased while the water level in the Tuz Lake did not show a significant change. The decrease in the Eğirdir Lake level can affect the downstream Kovada I and II hydroelectric power plants power generation besides other uses of the lake while the reduction in the levels of the Burdur lake can lead to adverse influences on agricultural practices in the region. Inundation of adjacent lands seems to be an adverse effect of the increases in water levels of Sapanca Lake.

Keywords

Burdur Lake; Eğirdir Lake; Sapanca Lake; Tuz Lake; Mann-Kendall; Seasonal Kendall; Regional Kendall; Trend test.

1. Giriş

Geniş yüz ölçümüne rağmen Türkiye’de, göllerin oluşumu için uygun topoğrafik özelliklere sahip olan iç yöreler, bir yandan yeterli yağış alamazken

diğer yandan da yüksek yaz sıcaklıklarıyla buharlaşmanın fazla olduğu yerlerdir. Fazla yağış alan kıyı yöreler, büyük göl çanaklarının oluşabileceği topoğrafik özellikte değildir. Onun için ülkemizdeki göl ve bataklıkların (sulak alanların)

toplam yüz ölçümü ancak 10,000 km² dolayındadır. Bu da ülke yüz ölçümünün 1/80'idir. Göllerin sınıflandırılmasında oluşum süreçleri esas alınmaktadır. Bu kapsamda çalışma kapsamında incelenen Eğirdir Gölü karstik ve tektonik göl, Burdur ve Tuz Göl'leri tektonik göl, Sapanca Gölü ise alüvyal set gölü olarak adlandırılmaktadır.

Geçmişten günümüze kadar çeşitli insan etkinlikleri sonucunda, yüzeysel su kaynaklarından birisi olan göller, çeşitli kirleticiler tarafından kirlenmektedir. Gölleri besleyen akarsuların taşıdığı kirlenici yükler, yeraltı ve yüzeysel suların yarattığı olumsuzluklar, atmosferik taşınım sonucunda göller önemli düzeyde baskı altında olmaya başlamıştır. Özellikle son yüzyılda ortaya çıkan ve tüm yeryüzünü etkileyen antropojenik kökenli iklim değişikliği de göller üzerinde önemli etkiler oluşturmaktadır. İklim değişikliğine bağlı sıcaklık artışları, diğer yüzeysel tatlı su kaynaklarına göre daha büyük yüzeysel alana sahip göllerdeki açık yüzey buharlaşmalarını da arttırmaktadır. Değişen sıcaklıklar beraberinde fazla su tüketimi ihtiyacını doğurmaktadır. Gerek tarımsal su ihtiyacı gerekse şehirlerdeki su ihtiyacı sebebiyle su kaynakları normalden daha fazla su temin edilmek için kullanılması, göller gibi su rezervlerinin kapasitesinin azalmasına ya da ortadan kaybolmasına sebebiyet vermektedir. Küresel ısınmanın göl ve ırmaklar üzerindeki direkt etkilerini, sıcaklık, su seviyesindeki değişimler ve çözünmüş gaz oranlarında ve miktarlarındaki değişimlerdir. Yükselen sıcaklıklar çözünmüş oksijen miktarını azaltıp biyolojik oksijen ihtiyacını arttırmaktadır. Bu durum, suda yaşayan balıklar ve diğer hayvanlar için tehlikeli bir durum oluşturmasının yanında yağış ve buharlaşma miktarlarındaki değişim, özellikle orta karasal bölgelerdeki göllerin kimyasal yapısını değiştirmektedir.

Uluslararası literatür incelendiğinde, dünyanın pek çok yerindeki göllerin seviyelerindeki azalma yönündeki değişimlerin temel sebepleri olarak, yer örtüsündeki değişiklikler, arazi kullanımındaki değişiklikler, şehirleşme, tarımsal ve hayvansal su ihtiyaçlarının artması, şehirleşme, gölleri besleyen kaynakların aşırı derecede kullanımı, baraj yapımı ve sulama suyu tüketimleri gibi çeşitli antropojenik etmenler ile ilişkilendirilmiştir. (Du ve ark., 2001; Kiage ve ark., 2007; Legesse ve Ayenew, 2006; Penny ve Kealhofer, 2005; Yıldırım ve ark., 2011; Yuan ve ark., 2015) Çalışmaların yine önemli bir bölümü de iklimsel değişimlere bağlı olarak sezonsal veya kalıcı olarak göl seviyelerinde önemli

azalmaların yaşandığı yönünde bulgular belirtilmiştir (Birkett, 1995; Medina ve ark., 2008; Mendoza ve ark., 2006; Mercier ve ark., 2002; Molnar ve ark., 2002; Yıldırım ve ark., 2011).

Çalışmaların kapsamı incelendiğinde yaygın olarak nonparametrik istatistik analiz metotları ile göl seviyelerindeki değişim trendlerinin belirlendiği görülmektedir (Ceribasi ve ark., 2014; Fathian ve ark., 2015; Guo ve Xia, 2014; Hamed ve Rao, 1998; Li ve Zhang, 2015; Myronidis ve ark., 2012; Pasquini ve ark., 2008; Yuan ve ark., 2015; Yue ve ark., 2002; Zhao ve ark., 2010; Zhou ve ark., 2015)

Uluslararası literatürdeki çalışmalarda, göl seviyelerinin iklimsel koşulların değişmesine bağlı bir baskı içerisinde olduğu belirtilmektedir. Jones ve ark. (2001) çalışmasında batı Victoria'daki üç kapalı göl olan, Keilambete, Gnotuk ve Bullenmerri Göllerinin seviyelerini incelemiştir. Bu göller için yağış/buharlaşma oranı iklim değişikliğine bağlı olarak incelenmiştir ve iklime bağlı olarak seviyelerin değiştiği belirtilmiştir. Kashima (2002) Litostratigrafik ve biyostratigrafik analizler yapılarak Tuz Gölü'nde 20000 yıl boyunca iklimsel değişikliklere bağlı olarak gerçekleşen çökme, buharlaşma ve oluşan birikintileri incelemiştir. Bunun yanında bölgesel değişiklikler göz önünde bulundurularak su dengesindeki değişimleri de incelemiştir. Sonuç olarak göl seviye değişimlerine yalnızca küresel iklim değişikliklerinin değil yerel su dengesindeki değişimlerin de sebep olabileceği anlaşılmıştır.

Ülkemizdeki göl seviye gözlemlerinin değerlendirilmesine ilişkin çalışmalar incelendiğinde farklı etkiler, farklı analiz ve değerlendirme teknikleri ile irdelenmiştir. Cengiz ve Kahya (2006) yaptığı çalışmada Türkiye genelindeki 25 farklı gölün seviyelerindeki değişim miktarları; meteorolojik, hidrolojik ve insan kaynaklı şartlar göz önünde bulundurularak incelenmiştir. Göl seviye verilerinin zamana göre eğilimleri Mann-Kendall testi ile göl su seviyelerinin mevsimsel değişimi ise harmonik analiz ile incelenmiştir. Bayrak (2008)'ın çalışmasında Sapanca Gölü için küresel ısınmanın etkisiyle gerçekleşen su miktarındaki azalmalara dikkat çekilmiştir. Ayrıca tüketim amaçlı su kullanımının da göl üzerinde önemli bir baskı yarattığı sonucuna varılmıştır. Çimen ve Kisi (2009) çalışmasında göl seviye değişimlerinin modellenmesinde SVM (Support vector machines) ve ANN (Artificial neural network) adı verilen veri güdümlü tekniklerin

potansiyellerinin karşılaştırılması yapılmıştır. Göl seviye değişimlerinin, planlama ve dizayn çalışmalarındaki öneminden bahsedilmiştir. Van ve Eğirdir gölleri göl seviyelerindeki değişim miktarları hakkında karşılaştırma yapılan bu çalışma sonucunda SVM'nin ANN modeline göre daha iyi sonuç verdiği görülmüştür. Esenal (2007), Eğirdir gölündeki mevsimlere göre su seviyesi değişimlerinin modellenmesi için bulanık mantık metodunu kullanmış ve sentetik olarak üretilen göl seviyelerinin ölçüm değerleri ile oldukça tutarlı olduğu görülmüştür. Küçükyaman (2010), çalışmasında Kovada Gölü için, meteorolojik ve hidrolojik açıdan kuraklık incelemiştir. Standart Yağış İndisi (SYI) yöntemi ile kuraklık sınıfları belirlenmiştir. Kuraklığı modellemek için Adaptif Sinir Ağına Dayalı Bulanık Çıkarım Sistemi (ANFIS) ve Yapay Sinir Ağları (YSA) yöntemleri kullanılmıştır. Hesaplamalar ve modeller sonucunda gölde kuraklığın olduğu tespit edilmiştir. İklim değişikliğine dikkat çekilerek olası tedbirlerden bahsedilmiştir. Taner ve ark. (2011) çalışmasında iklim değişikliğinin göller üzerine etkisini HSPF ve UFILS4 gibi modeller yardımıyla incelemiştir. Onondaga Gölü (New York State) üzerinde yapılan bu modellerin çıktılarını AQUATOX da geliştirilen göl ekosistemi modeline girdi olarak verilerek iklim değişikliğinin göl faunasına olan etkileri incelenmiştir. Büyükyıldız ve Yılmaz (2011), çalışmalarında Türkiye'deki bazı göllerdeki iklim değişikliğine bağlı su seviyelerindeki değişimi Mann-Kendall ve Sen's T metodları ile incelemiş ve bazı göllerde istatistiksel açıdan anlamlı artış ve azalışlar gözlemlemişlerdir. Göncü ve Albek (2010) iklim değişikliğinin hem akarsular hem de göl seviyeleri üzerine olan etkilerini belirlemek üzere HSPF programını kullanmışlardır. Çalışma kapsamında oluşturulan hipotetik gölün hacmi üzerinde çeşitli iklim senaryoları ve toprak kullanım özelliklerinin etkilerini irdelemişlerdir.

Türkiye karmaşık iklim yapısı ile birlikte, özellikle küresel ısınmaya bağlı iklim değişikliğinden en fazla etkilenecek ülkelerden biridir. Türkiye'de gün geçtikçe dünya genelindeki sıcaklık artması sonucunda gittikçe artan bir kuraklık hüküm sürmeye başlamıştır (Anonim, 2007, 2008; Türkeş, 2000). Bunun başlıca sebepleri arasında, arazi şartlarının çok engebeli olması, yağış ve su kaynaklarının bölgelere göre düzensiz dağılımı su kaynaklarının uzun vadeli sürdürülebilir kullanımı ve işletimi yerine, kısa vadeli, yerel ve diğer bölgelerden bağımsız bir şekilde olmasıdır.

İklim değişikliğinin göller üzerindeki olumsuz etkilerini en aza indirebilmek için, su kullanım verimini artırmak, su talebinin güvenilirliğini arttırmak, kullanıcılar arasındaki suyun transferini en verimli şekilde gerçekleştirmek, gölleri besleyen akarsuların azotlu bileşik miktarı gibi kirletici yükü miktarlarını azaltmak ve aşırı derecede azalan veya artış gösteren göl seviyelerine karşın sel planlamalarını yapmak gibi yöntemler sıralanabilir. Elbetteki bu önlemlerin alınabilmesi için göllerin mevcut durumunun değerlendirilmesi ve iklim değişikliği ve çeşitli antropojenik etkenler nedeniyle göl seviyelerinden değişimlerin çeşitli eğilim analizleri ile irdelenmesi büyük önem arz etmektedir.

Bu çalışmada, Türkiye'deki belli başlı göllerden Burdur, Eğirdir, Sapanca ve Tuz göllerinin göl seviyeleri incelenmiş ve göl seviyelerinin zamansal olarak değişim miktarları parametrik olmayan eğilim analiz yöntemleri ile belirlenmiştir. Eğilim analizlerinde iklimsel faktörlerin etkisi ile antropojenik baskılar istatistiksel yöntemlerle birbirinden ayrılmıştır. Göller üzerindeki farklı etkiler ayrı ayrı ortaya konmuştur. Bu çalışma sonucundan elde edilen bulgular, tarımsal sulama, endüstriyel faaliyetler ve içme ve kullanma suyu temini gibi amaçlar için kullanılan bu göllerin gelecekte nasıl değişim gösterebileceği konusunda önemli bilgiler vermektedir. Bu bilgiler ışığında iklim değişikliğine bağlı etkilerin minimuma indirilmesi için alınması gereken önlemler için önemli bir altlık teşkil edeceğine inanılmaktadır.

2. Materyal ve Metot

2.1. İncelenen Göller ve Göllerdeki Baskılar

Eğirdir Gölü: Eğirdir Gölü, sığ bir göl kategorisine girmektedir (en derin yeri 13,6 m.) Yağış alanı göl yüzeyi 487,8 km² olmak üzere toplam 3.309 km² dir (Esenal, 2007). Gölü besleyen en önemli dereler; Gelendost Çayı, Pupa Çayı, Hoyran Deresi ve Çay Deresidir. Bunların yanı sıra çok sayıda küçük dereler ve pınarlar gölü beslemektedir. Göl düdenler barındırmaktadır. Bu düdenlerden önemlileri farklı zamanlarda kapatılmaya çalışılmıştır. En önemlisi 1978 yılında kapatılan yaklaşık 1,5 m³ /s kapasiteli Süpürgelik düdenidir. 1985 yılında kapatılan Karaburun düdeni ise yaklaşık 0,4 m³ /s kapasitesindedir. Eğirdir Gölü düden kapamaları yanı sıra Akdeniz'e dökülen Köprüçay'ın membasını teşkil eden Yenice suyunu tünel ve kanal derivasyonu yaparak verimini

artırmıştır. 1991 yılından itibaren derivasyon suyu göle gelmeye başlamıştır. Göl fiili olarak minimum 915,42 m ve maksimum 919,31 m kotları arasında kalmıştır(Esendal, 2007).

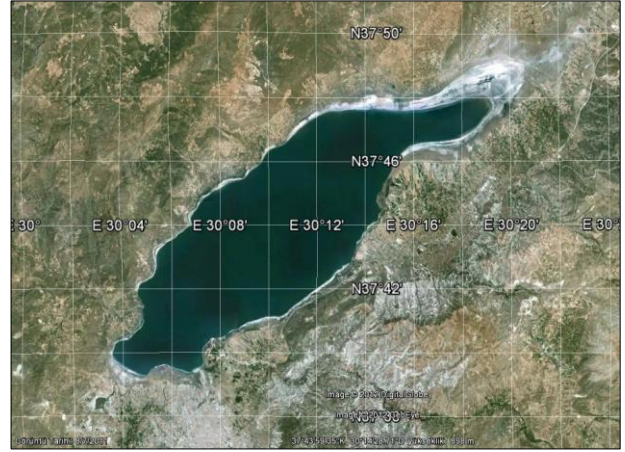
Göle düşen yağış suyu miktarı Eğirdir Göl aynasının büyük olması sebebiyle önemlidir. Eğirdir Gölü çevresinde bürüt 50.000 hektarı aşan tarım alanları mevcuttur. Eğirdir Gölü iklimi yazları sıcak ve kurak, kışları soğuk ve yağışlı olan Akdeniz Bölgesi'nin yayla tipi iklim özelliğindedir. Eğirdir Gölü yağış havzasında orografik, depresyonik, konvektif yağışlar olmaktadır. Yazın konvektif, kışın depresyonik yağışlar hakimdir. Göle ait uydu görüntüsü Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Eğirdir Gölü uydu görüntüsü.

Burdur Gölü: Burdur Gölü Havzası, Göller Yöresinde kuzeydoğu-güneybatı yönlü bir depresyon içerisinde yer almaktadır (Şekil 2). Burdur Gölü Havzası yaklaşık 175 km²lik göl alanıyla birlikte toplam 3450 km²lik yüzölçümüne sahiptir. Göl çanağının ve havzanın oluşumu tektonik kökenlidir. Dışa akısı bulunmayan (endoreik) Burdur Gölü'nün suları tuzlu bir karakteristiktir.

Burdur Gölü havzası yerleşim alanı olarak uzun zamandan beri kullanılmaktadır. Göl çevresinde çok sayıda yerleşme olmakla birlikte bunlar genellikle göl kıyısında değil daha iç kesimlerde kurulmuşlardır. Göl suyunun bileşiminden dolayı ekonomik bir önemi yoktur(Yiğitbaşıoğlu ve Uğur, 2010).



Şekil 2. Burdur Gölü uydu görüntüsü.

Tuz Gölü: Tuz Gölü, Konya İlinin kuzeydoğusunda, Aksaray İlinin kuzeybatısında ve Ankara İlinin güneydoğusunda yer almaktadır (Şekil 3). Tuz Gölü tektonik göl sınıfına dahildir ve neojen sonlarına doğru büyük bir göl ile kaplanmış olan büyük Orta Anadolu çöküntüsünün içinde küçük bir çöküntü olarak yer almaktadır.

Tuz Gölü, 1665 km² lik bir alana sahiptir. Ortalama derinliği 0,7 m olan gölün tuz kalınlığı 1-30 cm'dir (Karataş, 2006). Tuz gölünün kış aylarında ortalama derinliği, 60-80 cm aralığındadır. Yaz aylarında ise buharlaşma sonucu yüzey sularının tamamına yakını kurur ve göle ulaşamaz. Kuruyan bölgelerde kalınlığı 30 cm bulan tuz tabakası oluşmaktadır. Tuz Gölü'nde su kaybının en önemli nedeni buharlaşmadır. Deniz etkisinden ve rüzgardan uzak olan bölgelerde yazın buharlaşma oranı çok yüksektir. En yüksek buharlaşma Temmuz ayında gözlenir (Karataş, 2006). Tuz Gölü'nde coğrafi konumundan kaynaklanan sebeplerle, karasal iklim etkileri görülür. Tuz Gölü havzası, İç Anadolu Bölgesinin en az yağış alan bölgesini oluşturur.

Tuz Gölü'nü besleyen sular doğuda Şereflikoçhisar'dan geçen Peçeneközü, güneyde Eski'den göle giren Bağlıca ve Kırkdelik suları ile Eşmekaya kaynakları, güneybatıda Tersakan ile batıda Cihanbeyli'den gelen İnsuyu'dur.



Şekil 3. Tuz Gölü uydu görüntüsü

Sapanca Gölü: Sapanca Gölü 47 km² büyüklüğünde olup İzmit Körfezi'nin devamı şeklinde Adapazarı Ovası'na kadar uzanan tektonik bir çukurda bulunmaktadır (Şekil 4). Sapanca Gölü, Sakarya Nehri ile beslenir ve tatlı su gölü olarak adlandırılır. Gölün doğu ucu Sakarya Nehri'ne 5 km, batı ucu İzmit körfezine 20 km uzaklıktadır. Sapanca Göl Havzası gölle birlikte yaklaşık 249 km²lik yer kaplamaktadır. Sapanca Gölü'nün maksimum derinliği 52 m, yüzey alanı 46,8 km²'dir. Sapanca Gölü'nü besleyen dereler; İstanbul, Kurtköy, Mahmudiye, Karaçay, Balıkhane, Çifteçınar, tuzla gibi, birçoğu yazları kuruyan ufak derelerdir. Ayrıca ilçenin en önemli deresi Akçay Deresidir ve Sakarya Nehri ile birleşir.

Sapanca Gölü çevresinde Akdeniz ve Karadeniz iklimleri arasında geçiş iklimi hüküm sürer. Yıllık ortalama sıcaklık 13,5°C, minimum sıcaklıklar Ocak, maksimum sıcaklıklar ise Temmuz-Ağustos aylarında görülür. Yıllık yağış miktarı 500-1000 mm civarındadır. En fazla yağış kış, en az yağış ise yaz aylarında düşer. Kışları kar yağışları olağandır, ancak yerde kalma süresi azdır. Yörede havadaki nem oranı oldukça yüksektir. Bağıl nem ortalaması yaklaşık %70 civarındadır(Int Kyn. 1).



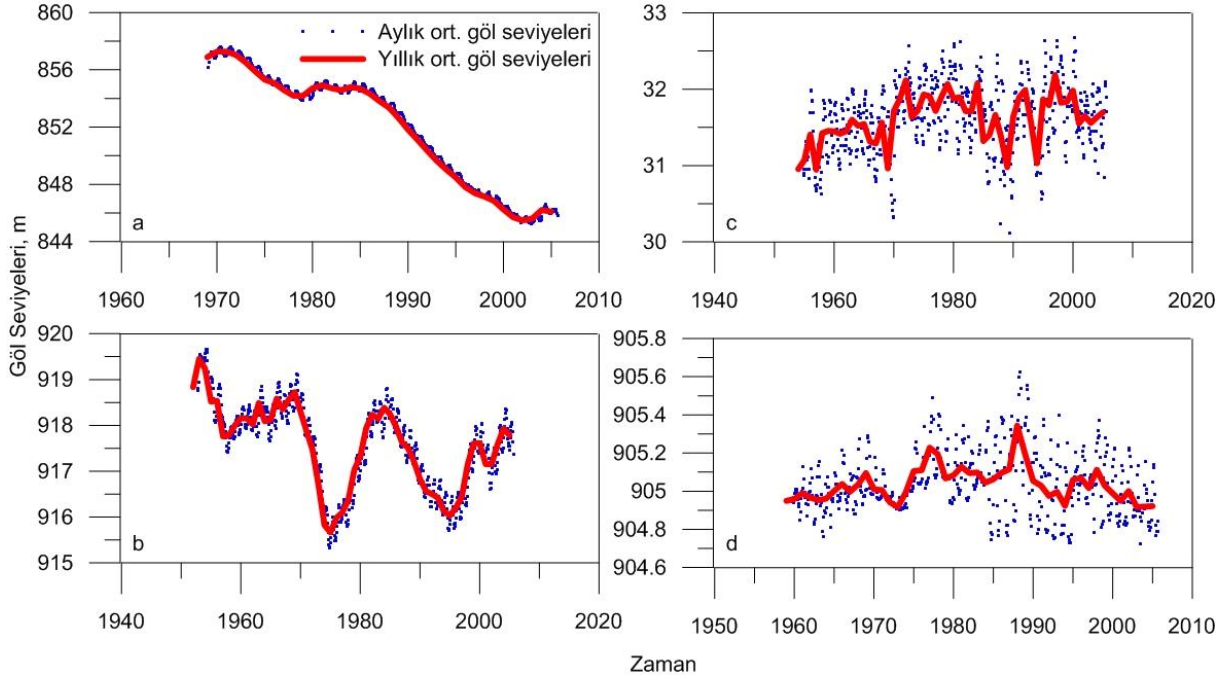
Şekil 4. Sapanca Gölü uydu görüntüsü

Çalışmada, Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü'nün 2007 yılında yayınlamış olduğu Göl Seviyeleri [1943-2005] kitabındaki veriler kullanılmıştır. Göl seviye verileri aylık ortalama değerlerdir. Çalışma kapsamında incelenen dört göle ait göl seviye grafikleri Şekil 5 te verilmiştir.

Çalışma kapsamında kullanılan meteoroloji istasyonlarına ilişkin bilgiler Tablo 1 de verilmiştir.

Tablo 1. Çalışma kapsamında kullanılan meteorolojik veriler

Gölün Adı	Meteoroloji İstasyonu	Parametreler	Kapsadığı Dönem
Burdur G.	17238- Burdur 37°43'20"N 30°17'38"E	Aylık Ort. Buharlaşma (mm)	1971-2005
		Aylık Ort. Sıcaklık (°C)	1970-2005
		Aylık Top. Yağış (mm)	1970-2005
Eğirdir G.	17882- Eğirdir 37°52'27"N 30°51'3"E	Aylık Ort. Buharlaşma (mm)	2003-2005
		Aylık Ort. Sıcaklık (°C)	1970-2005
		Aylık Top. Yağış (mm)	1970-2005
Tuz G.	17192- Aksaray 38°22'60"N 34° 2'60"E	Aylık Ort. Buharlaşma (mm)	1973-2005
		Aylık Ort. Sıcaklık (°C)	1970-2005
		Aylık Top. Yağış (mm)	1970-2005
Sapanca G.	17069- Sakarya 40°46'2"N 30°23'37"E	Aylık Ort. Buharlaşma (mm)	1970-2005
		Aylık Ort. Sıcaklık (°C)	1970-2005
		Aylık Top. Yağış (mm)	1970-2005



Şekil 5. Yıllara bağlı olarak göl seviye gözlem değerleri (a-Burdur, b-Eğirdir, c-Sapanca, d-Tuz gölleri)

2.2. Uygulanan Eğilim Analizleri

Çevresel parametrelerin zamansal eğilimlerinin belirlenmesi için çeşitli parametrik olan ve olmayan metotlar bulunmaktadır. Parametrik metotlarda gözlem değerlerinin zamana karşı doğrusal regresyonları incelenirken, elde edilen eğilimin istatistiksel açıdan anlamlılığı t-test gibi istatistik analizleri ile doğrulanır. Fakat bu parametrik eğilim analizleri iki temel noktada problem yaratabilmektedir. Regresyon analizi sonucunda elde edilen model ve gözlem verileri arasındaki farkların (residual) normal dağılmış olması ve sabit varyanslı olması beklenir. Çevresel verilerin dağılımlı olması gibi durumlarda, model ve gözleme değerleri arasındaki farkların dağılımlarında da problemler oluşmaktadır. Ayrıca veri setlerindeki aykırı değerlerin varlığı, parametrik istatistik metotlarda oldukça sorun yaratabilmektedir (Albek, 1999). Bu tür problemlerin üstesinden gelebilmek üzere parametrik olmayan metotlar günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır. Parametrik olmayan metotlar verilerin sıralamasını baz aldıkları için veri setindeki sayısal büyüklüklerden ve aykırı değerlerden etkilenmezler. Bu sebeplerden ötürü çalışma kapsamında parametrik olmayan eğilim analizi metotları kullanılmıştır.

Mann-Kendall İstatistiği: Hidrolojik sistemlerin zamansal eğiliminin bulunması, su kaynakları planlamacılarının gelecek için verecek kararlarını önemli ölçüde etkilemektedir. Gözlenen eğilimlerin nedenlerini tespit edebilmek için doğal ve insani faktörlerin incelenmesi ve iklim verilerinin ölçüm periyodu boyunca bir artma ya da azalma gösterip göstermediğinin tespitinin yapılması gerekmektedir. Eğilim değişimleri, sıcaklık, bağıl nem ve toplam yağış parametrelerine bağlı olarak gerçekleşmektedir.

Parametrik olmayan metotlar parametrik metotlara oranla daha esnek olduğundan, daha sık kullanılmaktadır. Bunun yanında, göl su seviyelerinin mevsimsel değişkenliği ile ilgili olarak harmonik analiz metodu da kullanılmaktadır (Cengiz ve Kahya, 2006). Spearman Rho, Mann-Kendall, Seasonal Kendall gibi metotlar parametrik olmayan metotlar arasındadır (Albek ve Göncü, 2005; Kahya ve Kalaycı, 2004).

Mann-Kendall testi $i = 1, \dots, n-1$ 'e kadar sıralanmış olan bir x_i veri setine ve $j = i + 1, \dots, n$ 'e kadar sıralanmış olan bir x_j veri setine uygulanmaktadır. Her bir sıralanmış rakam x_i bir referans noktası olarak kullanılmakta ve diğer sıralanmış veri grubu x_j ile Denklem 1'de verildiği gibi

kiyaslanmaktadır(Hirsch ve Slack, 1984; Hirsch ve ark., 1982; Özfıdaner, 2007).

$$\text{sgn}(x_j - x_i) = \begin{cases} 1 & ; x_j > x_i \\ 0 & ; x_j = x_i \\ -1 & ; x_j < x_i \end{cases} \quad (1)$$

Mann-Kendall test istatistiği S ise aşağıdaki denklem ile hesaplanmaktadır;

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sgn}(x_j - x_i) \quad (2)$$

Denklemde n yıl olarak veri uzunluğudur. S değeri ise $n \geq 8$ olduğunda aşağıda verilen ortalama ve varyans ile yaklaşık olarak normal dağılım gösterir. Eğer $n \geq 30$ ise t-testi Z testine yaklaşır.

$$E[S] = 0 \quad (3)$$

$$\text{Var}[S] = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^p t_i(t_i-1)(2t_i+5)}{18} \quad (4)$$

Burada, p veri setindeki bağıl grupların sayıları, t_i değeri i uzunluğundaki bir seride bağılı gözlemleri göstermektedir. Eşitlik 4'teki toplama terimi sadece veride bağılı gözlem olduğunda kullanılır. Örneğin 5 gözlem aynı değeri taşıyorsa $t_1=5$, 3 gözlem aynı değerde ise $t_2=3$ ve ayrıca değerleri aynı olan gözlemler iki grup bulunuyorsa $t_3=2$, $t_4=2$ alınacaktır(Gümüş ve Yenigün, 2006).

Veri sayısı 10'dan büyük serilerde seri normal dağılışı göstereceğinden Standartlaştırılmış Mann-Kendall istatistiği Z,Denklem 5'te verildiği gibi hesaplanabilmektedir. Sıfır hipotezi (H_0) varsayımı altında ortalaması sıfır, varyansı bir olan, standart normal dağılım göstermektedir.

Mann Kendall testi nonparametrik bir test olduğu için verilerin dağılımından bağımsızdır. Bu test ile bir zaman serisinde trend olup olmadığı sıfır hipotezi ile; " H_0 : trend yok" kabulü ile kontrol edilmektedir. Testin uygulanacağı zaman serisi x_1, x_2, \dots, x_n de x_i, x_j çiftleri iki gruba ayrılır. $i < j$ için $x_i < x_j$ olan çiftlerin sayısı P ve $x_i > x_j$ olan çiftlerin sayısı M ile gösterilirse test istatistiği $S=P-M$ şeklinde tanımlanır(Gümüş ve Yenigün, 2006).

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{(\text{Var}(S))^{1/2}} & ; S > 0 \\ 0 & ; S = 0 \\ \frac{S+1}{(\text{Var}(S))^{1/2}} & ; S < 0 \end{cases} \quad (5)$$

Z'nin mutlak değeri seçilen α anlamlılık düzeyine karşı gelen normal dağılımı $Z_{\alpha/2}$ değerinden küçükse sıfır hipotezi(baş hipotez) kabul edilmekte ve incelenen zaman serisinde trend olmadığı, büyükse trend olduğu ve S değeri pozitif ise artan yönde negatifse, azalan yönde trend olduğu sonucuna varılmaktadır.

Bu çalışmada Mann-Kendall testi, Eğirdir Gölü, Burdur Gölü, Sapanca Gölü ve Tuz Gölü için aylık ortalama göl seviye verileri kullanılarak uygulanmıştır.

Mevsimsel Mann-Kendall İstatistiği: Sezonsal Mann-Kendall testi sezonsal verilerin eğilimi için kullanılan bir tekniktir (Hirsch ve ark., 1982).

Sezonsal Mann-Kendall trend testi zaman içindeki sezonsal çeşitlilikle birlikte monomiktik bir eğilim gösterir. Hipotez testi olarak, sıfır hipotezi verilerin (sezonsal olarak alt gruplara ayrılmış halde) bağımsız özdeşçe dağılmış, sezonsal yapıdan etkilenmemiş ve eğilim içermeyen bir yapıda olduğunu varsayar. Alternatif hipotez ise özdeşçe dağılmamış olduğunu ve bir eğilim olduğunu varsayar. Her bir i ayı için S_i test istatistiği değeri aşağıdaki denklem ile belirlenir.

$$S_i = \sum_{k=1}^{n_i-1} \sum_{j=k+1}^{n_i} \text{sgn}(x_{ij} - x_{ik}) \quad (6)$$

Burada n_i ardışık gelen yıllardaki i. sezona ait veri sırasını, x ise veriyi temsil etmektedir. i. sezona (bu çalışmada ay olarak kullanılmaktadır.) ait S_i değeri, ilgili aya ait eğilimin yönü hakkında bilgi vermektedir. Tüm aylara ait S_i değerlerinin toplamı S değerini verir (S' olarak gösterilmektedir). S_i 'lerin ve S' in beklenen değeri sıfıra eşittir. S_i nin varyansı,

$$\text{Var}[S_i] = \frac{n_i(n_i-1)(2n_i+5) - \sum_{t_i} t_i(t_i-1)(2t_i+5)}{18} \quad (7)$$

şeklinde belirtilebilir. Burada t_i değeri i uzunluğundaki bir seride bağılı gözlemleri göstermektedir. Denklem 7'deki toplama terimi

sadece veride bağlı gözlem olduğunda kullanılır. S_2 'nin varyansı aşağıdaki grafikte verilmiştir.

$$Var[S'] = \sum_{i=1}^{12} \sum_{j=1}^{12} cov(S_i, S_j) \quad i \neq j \quad (8)$$

Yukarıdaki eşitlikte, verilerin seri olarak korelasyonlu olmaması durumunda ikinci terim sıfır değerini alır. Bu durumda, her ayın varyansı toplanarak toplam varyans değeri elde edilir. Eğer veri seti seri olarak korelasyonlu ise ikinci terimin hesaplanması gereklidir. Bu terimin kestirimi için Hirsch ve Slack (1984)'in ortaya koyduğu yaklaşım kullanılır.

Standart normal değişken Z aşağıdaki formül ile hesaplanabilir.

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{(Var(S))^{1/2}} & \text{eğer } S > 0 \\ 0 & \text{eğer } S = 0 \\ \frac{S+1}{(Var(S))^{1/2}} & \text{eğer } S < 0 \end{cases} \quad (9)$$

Standart normal değişken Z, belirli bir S_i değeri veya S' tüm test istatistik değeri kullanılarak hesaplanabilir. Z skor değeri öncesinde seçilen anlamlılık değerine göre belirlenen kritik Z değerine göre karşılaştırılır. Bu amaçla, p-değeri (ulaşmış anlamlılık seviyesi) hesaplanarak sıfır hipotezinin inanılabilirlik düzeyi hesaplanmış olur (Albek, 1999; Helsel ve Hirsch, 1993). Mutlak Z skoru değerinin kritik Z değerinden büyük olması ve veya p değerinin anlamlılık seviyesinden küçük değere sahip olması durumunda sıfır hipotezinin reddedilir. Bu durum veri setinde bir eğilimin olduğunun kanıtıdır.

Sezonsal Mann-Kendall testi her ay için birbirinden bağımsız olarak Kendall değerlerinin hesaplandığı bir testtir. Birbirinden bağımsız bu değerler testin istatistiğini gözlemek için toplanır (Hipel ve McLeod, 1994). Sezonsal Mann-Kendall testinde grafiklerde ortaya çıkan noktasal sonuçlar farklı zaman periyotlarındaki ve farklı sezonlara ait hesaplamaları yansıtır (Aroner ve ark., 1993). Ülkemizde bu test kullanılarak yapılan su kalitesi değerlendirme çalışmaları bulunmaktadır (Albek, 1999, 2000).

Eğilim çalışmalarında eğilimin büyüklüğü diğer bir inceleme konusudur. Eğilim büyüklüğü (Kendall-

Theil eğimi), elde edilen denklemin eğimi ile belirlenir (birim zamanda değişen miktar).

Bölgesel Ortalama Mann-Kendall İstatistiği: Noktasal istasyonlar dışındaki bölgesel istasyonlardaki eğilimlerin zamansal ve yersel önemliliğini test etmek için Bölgesel Ortalama Mann-Kendall (BOMK) testi uyarlanmıştır (Özfidaner, 2007).

M adet bağımsız istasyon için Bölgesel Ortalama Mann-Kendall (BOMK) test istatistiği $S(S)'$ i hesaplanmıştır.

$$\bar{S} = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m S_k \quad (10)$$

S_k burada, bölgedeki k sayıdaki istasyon için Mann-Kendall test istatistiğidir.

Sıfır dağılımı, Mann-Kendall test istatistiği her istasyonda yaklaşık olarak normal dağıldığından dolayı bağımsız normal değişkenlerin toplamlarının ortalama dağılım fonksiyonu genelde yaklaşık olarak normal dağılmaktadır (Özfidaner, 2007).

Uygulamada verilerin ortalaması ve istasyon yerindeki (k) Mann-Kendall istatistiğinin varyansı, anılan sıraya göre örnek ortalaması $E[S_k]$ ve örnek varyansının $Var(S_k)$ yerine konulur. Bölgesel test istatistiğinin varyansı ve ortalaması aşağıda verilmektedir.

$$E[\bar{S}] = 0 \quad (11)$$

$$Var[\bar{S}] = \frac{1}{m^2} \sum_{k=1}^m Var(S_k) \quad (12)$$

Aynı örnek büyüklüğüne (n) sahip tüm istasyonlardaki verilerde bağlı gözlem yoksa denklem aşağıdaki gibi tekrar yazılabilir,

$$Var[\bar{S}] = \frac{Var(S)}{m} \quad (13)$$

Burada, $Var(S)$ Denklem 12'deki varyans olup verilerdeki bağlı gözlemler için düzeltme faktörü içermez. Böylece, standardize edilmiş Bölgesel Ortalama Mann-Kendall (BOMK) istatistiği Z aşağıda verilmiştir;

$$Z = \begin{cases} \frac{\bar{S}-1}{(\text{Var}(\bar{S}))^{1/2}} & \text{eğer } \bar{S} > 0 \\ 0 & \text{eğer } \bar{S} = 0 \\ \frac{\bar{S}+1}{(\text{Var}(\bar{S}))^{1/2}} & \text{eğer } \bar{S} < 0 \end{cases} \quad (14)$$

Bölgesel Ortalama Mann-Kendall istatistiğinin sıfır dağılımı belirlenerek, bir bölgede sadece 2 gözlem istasyonu bulunsa bile Bölgesel Ortalama Mann-Kendall istatistiğinin uygulanabileceği ortaya konmuştur. (m=2)(Aydın ve Topaloğlu, 2010).

Dağılım Grafiğinin Yumuşatılması ve Meteorolojik Verilere Göre Düzenleme-Ayarlama: Bu çalışmada gerçekleştirilen eğilim analizlerinin bir kısmında, göl seviyelerinin yanı sıra yaklaşık 35 yıllık meteorolojik veri seti de kullanılmıştır. Meteorolojik veri setlerinin büyük bir çoğunluğu aylık değerler olarak toplamda 430 adet meteorolojik veri içermektedir. Meteorolojik veriler ile göl seviyeleri arasında bir korelasyon olup olmadığı ve bu veri setlerinin eğilime sahip olup olmadığı grafik çizilerek görsel olarak değerlendirilebilmesi için verilerin yumuşatılması gerekmektedir. Bu amaçla Bölgesel Ağırlıklı Dağılım Grafiği Yumuşatması (LOWESS: Locally Weighted Scatterplot Smoothing) kullanılmıştır(Albek, 1999; Cleveland, 1979). LOWESS eğrileri öncelikle seçilen bir pencere boyutuna göre oluşturulur. Pencere boyutu yerel regresyonun üst ve alt limitlerini ve böylelikle yumuşatmanın derecesini belirler. Büyük pencere boyutu daha yumuşak bir eğrinin oluşmasına neden olur. Zamana bağlı olarak tüm veriler için yerel ağırlıklı polinomsal regresyon uygulanır. Ağırlıklar pencerenin ortasında yüksek değerler alırken, pencere kenarlarına doğru daha düşük değerler alırlar. Genellikle üçlü-kübik fonksiyon ağırlıklandırma için kullanılır. Regresyon hesabı sonucunda elde edilen kalıntı değerleri (model-gözlem) hesaplanır. Kalıntıların fonksiyonu olan veri noktalarının ağırlıklarına göre yeni bir regresyon gerçekleştirilir. Küçük ağırlıklarda büyük kalıntılar meydana gelir. Bu prosedür aykırı değerlerin minimize edilmesi sağlaması nedeniyle metodun güçlü bir araç haline gelmesini sağlamaktadır.

LOWESS ayrıca dış kaynaklı değişkenlerin etkisini ortadan kaldırmak için de kullanılmaktadır. Göl seviyeleri, özellikle bölgedeki meteorolojik şartlar ile yakından ilişkilidir. Örneğin sıcaklıktaki artış eğilimi, göl seviyesinde de bir eğilime sebep

olacaktır. Bu durumda, göl seviyesi üzerindeki antropojenik etkenler nedeniyle oluşan trendin maskelenmesine veya mevcut eğiliminden daha yüksek eğilimlerin olduğu yanlışını ortaya koyabilmektedir. Bu nedenle meteorolojik parametrelerin eğilim etkilerini minimize etmek için sıklıkla başvurulan metotlardan bir tanesi düzenleme-ayarlamadır. Ayarlama parametrik veya parametrik olmayan metotlar ile gerçekleştirilebilir (Albek, 1999; Hirsch ve ark., 1991). Parametrik olmayan metotlardan birisi olan LOWESS metodu ile göl seviyeleri ile meteorolojik parametreleri arasında bir yumuşatma eğrisi çizilerek kalıntı değerleri hesaplanır. Kalıntı değerleri sonrasında Kendall eğilim analiz yöntemleri ile analiz edilerek bu kalıntıların bir eğilime sahip olup olmadığı kontrol edilir. Bu ayarlama, sezonsal yapısı çoğunlukla elimine ederken tümüyle ortadan kaldıramaz. Bu nedenle Sezonsal Kendall Eğilim Testi ile bu sezonsal yapıdan bağımsız şekilde eğilim analizi gerçekleştirilebilir.

3. Bulgular

Yapılan çalışmada Eğirdir, Burdur, Tuz ve Sapanca göllerigibi Türkiye'nin çeşitli bölgelerinde bulunan ve insani kullanım amaçlı olarak oldukça önemli konumda olan göllerin su seviyeleri incelenmiştir. Yapılan değerlendirmelerde öncelikle göllerin su kullanımları, kayıplar, gölü besleyen kaynaklar gibi temel hidrolojik değişkenlikler ele alınmıştır. Sonrasında ise aşağıda detaylı olarak sonuçları verilen parametrik olmayan istatistik metotlar kullanılarak göl su seviyelerindeki eğilimler irdelenmiştir.

Kullanılan parametrik olmayan istatistik metotları olarak sırasıyla Mann-Kendall, Sezonsal Mann-Kendall metotları kullanılmış ve sonuçları karşılaştırılmıştır. İklimsel parametrelerin göl seviyeleri üzerindeki etkilerini minimize etmek adına bölgesel meteorolojik iklim parametrelerinden yağış, sıcaklık, açık yüzey buharlaşması gibi değerlerin etkisini LOWESS metodu kullanılarak mevcut göl seviyeleri üzerine olan etkileri çıkartıldıktan sonra eğilim olup olmadığı Mann-Kendall (LOWESS düzeltmeli) ve SezonsalKendall (LOWESS düzeltmeli) eğilim analizleri metotları uygulanmıştır. LOWESS eğrisinde f=0,45 parametre değeri baz alınmıştır. Son olarak bölgesel olarak eğilimlerin değerlendirilebilmesi için bölgesel ortalama Mann-Kendall testi uygulanarak bölgesel bazda göl seviyelerindeki değişimler irdelenmiştir.

3.1. Burdur Gölü Su Seviyesi Eğilim Sonuçları

Burdur Gölü sahip olduğu hacminin 1987'den beri yaklaşık dörtte birini kaybetmiştir (Ataol, 2010). Bu da yaklaşık olarak göl seviyesinde 9,5 metrelik bir alçalmaya karşılık gelmektedir. Burdur Gölü'nde azalmanın oldukça fazla olduğu kullanılan eğilim analizlerinin tümü ile gözlemlenmektedir. Şekil 5'de istatistiksel açıdan anlamlı bu azalma görsel olarak da açıkça görülmektedir. Eğilim analizlerinin birbirlerine göre olan değerleri karşılaştırıldığında tümünde elde edilen eğilimlerin istatistiksel açıdan anlamlı eğilimler olduğu görülmektedir (Tablo 2). Sezonlar davranışlarının etkisinin giderildiği Sezonlar Kendall ve giderilmediği Mann-Kendall eğilim analizleri sonucunda birbirlerine oldukça yakın eğilim değerleri belirlenmiştir. Bu durum Burdur Gölü'nde yaşanan azalma yönündeki eğilimlerin sezonlar değişimlerle ilişkisinin olmadığını göstermektedir. Oluşan azalma iklimsel faktörlerin değişmesi veya gölün sürdürülebilir kullanım miktarlarının aşılması kaynaklı olduğu söylenebilir. Bu faktörlerden hangisinin daha baskın olduğunu belirlemek üzere göl su seviyesi eğilimlerin üzerinde Meteorolojik parametrelerden yağış, sıcaklık ve buharlaşma eğilimlerinin çıkartılarak göl seviye değişimlerinin irdelendiği Kendall testleri yapılmıştır. Yapılan testler neticesinde meteorolojik parametrelerin eğilim etkileri çıkartıldıktan sonra da göl seviyelerindeki eğilimlerin pek değişikliğe uğramadığı görülmektedir. Bu durum gölde yaşanan azalma eğiliminin meteorolojik koşulların değişmesinden değil, gölün yıllara bağlı kullanım miktarlarındaki artıştan kaynaklandığını göstermektedir. Ayrıca gölü besleyen akarsuların yıllık akımlarında görülen aşırı azalma göldeki su kaybına sebep olan etmenlerdendir.

Tablo 2. Burdur Gölü'ne ait eğilim analizi sonuçları

Metot Adı	Kapsadığı Dönem	Z	p	Yıllık seviye değişimi (mm/yıl)
Mann-Kendall	1969-2005	-27,310	0,0000	-363,4
Sezonlar Kendall	1969-2005	-26,761	0,0000	-364,0
Mann-Kendall / LOWESS (yağış)	1970-2005	-26,321	0,0000	-362,1
Mann-Kendall / LOWESS (sıcaklık)	1970-2005	-26,403	0,0000	-365,2
Mann-Kendall / LOWESS (buharlaşma)	1971-2005	-25,808	0,0000	-368,7
Sezonlar Kendall / LOWESS (yağış)	1970-2005	-25,929	0,0000	-362,3
Sezonlar Kendall / LOWESS (sıcaklık)	1970-2005	-26,430	0,0000	-366,3
Sezonlar Kendall / LOWESS (buharlaşma)	1971-2005	-25,795	0,0000	-369,5

Burdur Gölü'ndeki seviye azalmasının sebebinin yanlış tarım politikaları olduğu düşünülmektedir. En önemli geçim kaynağı tarım olan Burdur'da tarım arazileri gölün etrafında konumlanmıştır. Tarımda kullanılan salma sulama sistemi gölden çok fazla suyun çekilmesine sebep olmaktadır. Göldeki değişim gözlemlenebilir düzeye geldiğinden halk bu yanlış politikanın ancak farkına varabilmiştir. 2011 yılında Doğa Derneği'nin başlatmış olduğu projeye halka su kullanımı konusunda bilgilendirme toplantıları düzenlenmeye başlanmış, tarımda salma sulama yerine damla sulama yöntemine geçiş başlamıştır (Sargın ve ark., 2012).

Burdur Gölü küçüldükçe göldeki buharlaşma oranı azalacak, 25 m'lik alçalma gerçekleşikten sonra derin bir çanakta aşırı tuzlu ve kuşlar için gerekli sızlıkların oluşumuna uygun sığ kıyılardan yoksun kalacaktır.

Göldeki su seviyesi azaldıkça su kalitesi de olumsuz etkilenecek ve iklim koşullarında karasallık yönünde değişim gözlenecektir. Bu da kış koşullarında düşecek olan gece sıcaklıklarıyla birlikte meyveciliği olumsuz yönde etkileyecektir.

3.2. Eğirdir Gölü Su Seviyesi Eğilim Sonuçları

Eğirdir Gölü seviyelerinin eğilim analizi sonuçları incelendiğinde Mann-Kendall ve Sezonlar Kendall eğilim analizlerine göre azalma eğiliminde olduğu görülmektedir. Sezonlar etkinin çıkartılması sonucu elde edilen Sezonlar Kendall analizi sonucunda azalma yönünde bir eğilim olsa bile bu eğilimin istatistiksel açıdan anlamlılığında bir azalma görülmektedir. Bu durum eğilimin sezonlar değişimlerden etkilendiğini göstermektedir (Tablo 3).

Tablo 3. Eğirdir Gölü'ne ait eğilim analizi sonuçları

Metot Adı	Kapsadığı Dönem	Z	p	Yıllık seviye değişimi (mm/yıl)
Mann-Kendall	1965-2005	-5,740	0,0000	-21,04
Sezonsal Kendall	1965-2005	-6,084	0,0745	-22,09
Mann-Kendall / LOWESS (yağış)	1970-2005	0,624	0,5329	2,99
Mann-Kendall / LOWESS (sıcaklık)	1970-2005	0,537	0,5911	2,54
Mann-Kendall / LOWESS (buharlaşma)	2003-2005	0,790	0,4294	54,70
Sezonsal Kendall / LOWESS (yağış)	1970-2005	0,500	0,8822	3,25
Sezonsal Kendall / LOWESS (sıcaklık)	1970-2005	0,357	0,9155	2,10
Sezonsal Kendall / LOWESS (buharlaşma)	2003-2005	0,833	0,4047	69,10

İklimsel faktörlerin eğilim etkilerinin (LOWESS metodu ile) göl seviye eğilimleri üzerine olan etkilerinin çikartıldığı Kendall analizi sonuçları incelendiğinde, göl seviyelerindeki eğilimlerin istatistiksel açıdan anlamlı olmadığını göstermektedir. Bu durum göl seviyesindeki değişimlerin genel olarak iklimsel değişimlerden kaynaklandığının bir göstergesidir denilebilir. Buharlaşma ile ilgili veri setinin sadece 2003-2005 yılları arasında olması dolayısı ile bu parametrenin etkisi yeterince irdelenememiştir.

İklim değişikliğinin ve yağış rejiminin Eğirdir Gölü'nün göl seviyesindeki değişikliğe sebep olduğu düşünülmektedir. Eğirdir ilinin şehrin su ihtiyacını bu gölden karşılamaya başlaması da göle ekstra yük getirerek azalmaya sebep olduğu söylenebilir. Bölgenin önemli geçim kaynağı olan tarımda yapılan yanlış kullanımlar su kaynağını önemli ölçüde etkilemektedir.

Gölde 1 Şubat 2009 itibariyle su seviyesi 916,41 metre olarak ölçülmüştür. Mann-Kendall denkleminde bu tarihi yerine koyduğumuzda göl seviyesinin; $Seviye=959,2 - (0,02104 \times 2009) = 916,93$ m olduğu görülmektedir. Bu da oluşturulan eğilim analizinin günümüz şartlarında da tutarlı göl seviyelerinin belirlenmesinde kullanılabilir olduğunu göstermektedir.

3.3. Tuz Gölü Su Seviyesi Eğilim Sonuçları

Tuz gölünde yapılan eğilim analizlerinden, Mann-Kendall analizine göre istatistiksel açıdan anlamlı bir azalma eğilimi görülürken, Sezonsal Kendall analizinde de azalma yönünde bir eğilim bulunmuştur. Fakat bu eğilimin istatistiksel açıdan

anlamlı bir eğilim olmadığı görülmektedir. Yıllık seviye değişim miktarlarının da oldukça düşük değerler olması neticesinde Tuz gölündeki seviyedeki eğilimin artış veya azalış yönünde bir eğilim içermediği sonucuna varılabilir (Tablo 4).

Tablo 4. Tuz Gölü'ne ait eğilim analizi sonuçları

Metot Adı	Kapsadığı Dönem	Z	p	Yıllık seviye değişimi (mm/yıl)
Mann-Kendall	1965-2005	-2,092	0,0364	-1,24
Sezonsal Kendall	1965-2005	-3,406	0,1598	-1,72
Mann-Kendall / LOWESS (yağış)	1970-2005	-3,528	0,0004	-2,49
Mann-Kendall / LOWESS (sıcaklık)	1970-2005	-3,164	0,0016	-2,23
Mann-Kendall / LOWESS (buharlaşma)	1973-2005	-5,080	0,0000	-4,48
Sezonsal Kendall / LOWESS (yağış)	1970-2005	-4,226	0,0643	-2,86
Sezonsal Kendall / LOWESS (sıcaklık)	1970-2005	-4,179	0,0896	-2,57
Sezonsal Kendall / LOWESS (buharlaşma)	1973-2005	-6,530	0,0091	-5,12

İklimsel koşulların eğilim etkilerinin çikartılarak gerçekleştirilen eğilim analizi sonuçları irdelendiğinde ise istatistiksel açıdan görece daha anlamlı ve daha fazla azalma eğilimleri görülmektedir. Bu durum göldeki seviye azalmasında etken parametrenin daha çok antropojenik etkenler olduğunu gösterirken, iklimsel olarak yağış rejimindeki artış, sıcaklıklardaki bölgesel azalma eğilimleri gibi eğilimler neticesinde antropojenik etkenleri bir miktar baskıladığı yönünde yorum yapılabilir.

3.4. Sapanca Gölü Su Seviyesi Eğilim Sonuçları

Sapanca Gölü su seviyelerine uygulanan Mann-Kendall ve Sezonsal Kendall eğilim analizi sonuçlarına göre istatistiksel açıdan anlamlı eğilim olmadığı belirlenmiştir. Buna karşın meteorolojik etkenlerin eğilim etkilerinin çikartıldığı eğilim analizi sonuçları irdelendiğinde, yağış, sıcaklık ve buharlaşma eğilim etkilerinin çikartıldığı Mann-Kendall eğilim analizlerine göre istatistiksel açıdan anlamlı bir azalma eğilimi görülmektedir. Fakat Sezonsal Kendall sonuçları incelendiğinde azalma eğilimi ile beraber bu eğilimin istatistiksel anlamlılığın kaybolduğu görülmektedir (Tablo 5). Bu durum Sapanca Gölü'nün kullanımına bağlı su seviyesinde bir azalmanın yaşandığı, fakat bu azalmanın sezonsal değişimlerden oldukça

etkilendiği ve iklimsel faktörlerin göl seviyesinde pozitif yönde bir katkı sağladığı azalmasını baskıladığı yönünde yorum yapılabilir. Bu kapsamda son yıllardaki göl seviyesinin değişimi incelendiğinde özellikle 2015 yılı öncesi kuraklığa bağlı 20 yılın en düşük seviyelerini gören gölün, 2015 yılındaki yoğun yağışlar nedeniyle taşkın yaşaması da bu gölün meteorolojik şartların değişkenliğinden yoğun ölçüde etkilendiğinin bir göstergesidir.

Tablo 5.Sapanca Gölü'ne ait eğilim analizi sonuçları

Metot Adı	Kapsadığı Dönem	Z	p	Yıllık seviye değişimi (mm/yıl)
Mann-Kendall	1965-2005	0,785	0,4326	1,43
Sezonsal Kendall	1965-2005	1,789	0,4800	2,45
Mann-Kendall / LOWESS (yağış)	1970-2005	-2,771	0,0056	-5,51
Mann-Kendall / LOWESS (sıcaklık)	1970-2005	-3,036	0,0024	-5,96
Mann-Kendall / LOWESS (buharlaştırma)	1970-2005	-2,862	0,0042	-5,47
Sezonsal Kendall / LOWESS (yağış)	1970-2005	-2,757	0,2480	-3,69
Sezonsal Kendall / LOWESS (sıcaklık)	1970-2005	-3,011	0,2039	-4,22
Sezonsal Kendall / LOWESS (buharlaştırma)	1970-2005	-2,494	0,2958	-3,77

3.5.Bölgesel Kendall Eğilim Analizi Sonuçları

Çalışma kapsamında incelenen dört göle ait seviye eğilimlerinin bölgesel bazda ve incelenen tüm gölleri kapsar nitelikte bir eğilime sahip olup olmadığının belirlenebilmesi için Bölgesel Kendall Eğilim Analizi uygulanmıştır. Analizde yıllık ortalama göl seviyeleri kullanılmıştır. Analiz öncelikle yakın coğrafi konumlardan bulunan Burdur ve Eğirdir göllerine uygulanmıştır. Sonrasında yakın eğilimlere ve meteorolojik koşullardan etkilenme benzerliklerinden yola çıkılarak Sapanca ve Tuz göllerine uygulanmıştır. Son olarak ise dört gölün tümünü kapsayacak bir bölgesel eğilim analizi gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçları Tablo 6'da görülmektedir. Bölgesel Kendall Eğilim analizinde irdelenen göllere ait seviye verilerinin incelenen tüm göllerde aynı tarihlere ait ve eşit miktarda veri barındırması gerekmektedir. Bu nedenle analizlerin kapsadığı dönemler göllerin veri seti miktarına göre değişkenlik göstermiştir.

Tablo 6. Bölgesel Kendall eğilim analizi sonuçları

Analiz Kapsamındaki Göller	Kapsadığı Dönem	Z	p	Yıllık seviye değişimi (mm/yıl)
Burdur, Eğirdir gölleri	1969-2005	-5,717	0,0000	-167,9
Sapanca, Tuz gölleri	1959-2005	1,184	0,2366	1,15
Burdur, Eğirdir, Sapanca, Tuz gölleri	1969-2005	-5,783	0,0000	-11,36

Elde edilen sonuçlara göre Türkiye'deki göller yöresinde bulunmakta olan Burdur ve Eğirdir Göl seviyelerine göre gerçekleştirilen Bölgesel Kendall analizi sonuçları istatistiksel açıdan anlamlı şekilde azalma eğilimindedir. Sapanca ve Tuz gölleri seviyelerine göre uygulanan Bölgesel Kendall eğilim analizi sonuçları istatistiksel açıdan anlamlı bir eğilime sahip değildir. Bunun en temel nedenlerinden bir tanesi bu göllerin bölgesel olarak birbirlerinden görece uzak oluşları ve göllerin zamansal yapı içerisinde değişken bir eğilime sahip olmalarından kaynaklandığı düşünülmektedir. İncelenen dört gölü kapsayan Bölgesel Kendall Eğilim analizi sonucu ise yine istatistiksel açıdan anlamlı bir azalma eğilimi olduğunu göstermektedir.

Elbetteki bölgesel bir yapıdaki eğilimlerin sadece birkaç göl seviyesi ile belirlenmesi bütünü yeterince iyi temsil edememektedir. Fakat eğilimin hangi yönde olduğu konusunda önemli ipuçları vermektedir.

3.6.Kendall Eğilim Analizi Sonuçları ile Geleceğe Yönelik İklim Senaryolarının Karşılaştırılması

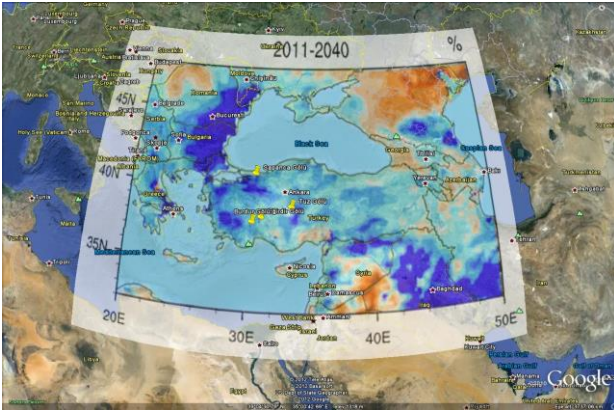
İncelenen 3 gölün Türkiye'deki coğrafi konumları ve iklim değişikliğinin gelecekteki etkilerinin bir arada değerlendirilmesi yönünde bir değerlendirme yapılmıştır. Türkiye'deki İklim Değişikliğine bağlı olarak bölgesel değişimlerin incelenmesi amaçlı olarak gerçekleştirilen bir proje bünyesinde gerçekleştirilen küresel iklim modeli (ECHAM 5) verileri kullanılarak oluşturulan ve bölgesel ölçek küçültme teknikleri (RegCM3) ile çözünürlüğü artırılan çeşitli model çıktıları bulunmaktadır (Dalfez ve Karaca, 2008).

Bu modellerden ECHAM 5'in IPCC-SRES A2 senaryosu yıllık toplam yağış değişimleri (Çağlar, 2009) incelendiğinde Sapanca ve Tuz Gölü üzerindeki yağış rejimlerinin bir miktar artış eğiliminde olabileceği, Burdur ve Eğirdir Gölü civarındaki yağış rejiminde ise önemli azalmaların olabileceği öngörülmektedir (Şekil 6-7-8). Bu

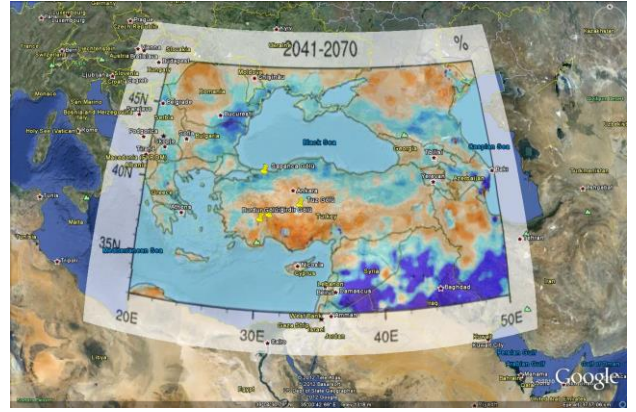
öngörüler, mevcuttaki 1970-2005 tarihleri arasındaki iklimsel eğilimlerde de göz önüne çıkmaktadır. Bu durum göllerin mevcut seviye değişimleri ve gelecekteki değişimleri hakkında bir öngörü sunmaktadır. Özellikle Sapanca ve Tuz göllerinin buldukları bölgelerde iklimsel olarak yağış rejimlerinde önemli oranda değişiklikler öngörülmemektedir. Bu durum mevcutta incelenen zaman aralıkları içinde göl seviyelerinin üzerinde olumsuz etkilerinin olmadığını hatta belirli orana kadar olumlu etkiler yarattığı ve gelecekte de benzer etkilere sahip olabileceği düşünülmektedir.

Burdur Gölü'nün coğrafi konumu ve ECHAM 5 model bulguları gözüne alındığında ise yine iklimsel faktörlerin bu göl üzerine etkisinin çok yoğun olmayacağı yönünde fikir yürütülebilir. Fakat Burdur gölündeki antropojenik kökenli yoğun kullanım miktarı göl üzerinde önemli baskılar yaratmaktadır.

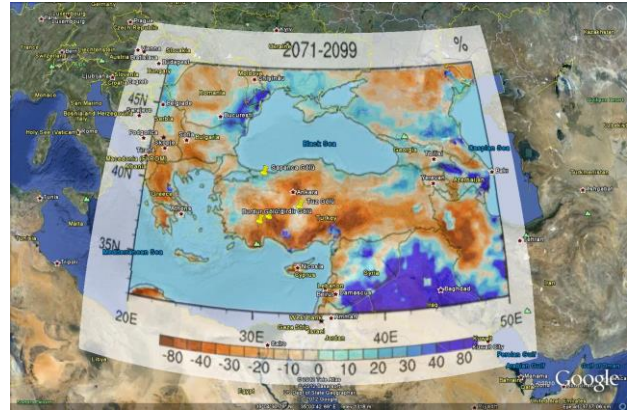
Eğirdir Gölü'nün konumsal yapısı iklim değişikliğinden olumsuz düzeyde etkilenmesine yol açmaktadır. Bu durum çalışma kapsamında incelenen 1970-2005 tarihleri arasındaki verilerden de görülebilmektedir. Bu nedenle bu gölün sürdürülebilir yapısının korunabilmesi için iklim değişikliğinin etkilerini minimize edecek düzeyde çalışmaların yapılması ve çeşitli önlem planlarının ortaya konması gerekmektedir.



Şekil 6. ECHAM5 IPCC-SRES A2 Bölgesel İklim Modeli 2011- 2040 yılları arası yağış değişim oranları grafiği ile incelenen göllerin Google Earth üzerinden coğrafi olarak karşılaştırılması (Renk lejantı Şekil 8 de belirtilmiştir)



Şekil 7. ECHAM5 IPCC-SRES A2 Bölgesel İklim Modeli 2041- 2070 yılları arası yağış değişim oranları grafiği ile incelenen göllerin Google Earth üzerinden coğrafi olarak karşılaştırılması (Renk lejantı Şekil 8 de belirtilmiştir)



Şekil 8. ECHAM5 IPCC-SRES A2 Bölgesel İklim Modeli 2071- 2099 yılları arası yağış değişim oranları grafiği ile incelenen göllerin Google Earth üzerinden coğrafi olarak karşılaştırılması

4. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada, Türkiye'deki dört önemli su kaynağını oluşturan göl için uzun bir zaman dilimi boyunca eğilim analizi gerçekleştirilmiştir. Bu eğilim analizlerinin gerçekleştirilmesinde iklimsel faktörlerin etkisi ile antropojenik baskıların birbirinden ayrılması sağlanarak göller üzerindeki etkiler ayrı ayrı ortaya konmuştur. Bu şekilde seviye değişimlerindeki eğilimlerin daha iyi anlaşılması sağlanmıştır. Bu açıdan yapılan bu çalışma diğer çalışmalardan önemli ölçüde ayrılmaktadır. Göllerdeki su seviye değişimleri ile havzadaki meteorolojik elemanlar ve hidrolojik bileşenler arasındaki ilişki belirlenerek gölün su seviye değişimleri sıklıkla ölçülmelidir. Su seviye değişimlerinin uygun bir şekilde takibinin yapılabilmesi için göllerin yeterince iyi tanınması ve kişilerin bu konudaki bilimsel çalışmalara teşvik edilmesi gerekmektedir.

Bu çalışma kapsamındaki bulgular neticesinde, gelecekte yapılacak çalışmalar kapsamında, tüm Türkiye'deki göl gözlemlerini içerisine alacak şekilde kapsamın genişletilmesinin özellikle Türkiye'deki göl seviyelerinin mevsimsel ve bölgesel eğilimlerinin belirlenebilmesi için gerekli olduğu düşünülmektedir. Özellikle büyük ölçekli küresel çevrim model sonuçlarından elde edilmiş olan bölgesel iklim senaryolarını da kapsayacak şekilde yapılacak bir değerlendirme ile göllerin gelecekteki durumu ve sürdürülebilirliklerinin sağlanabilmesi açısından önemli bulguların elde edilebileceği düşünülmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma kapsamında kullanılan göl seviyeleri gözlem değerlerini sağlayan Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü'ne, Bölgesel meteorolojik verilerin temininde Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'ne ve lisans tezi çalışması kapsamında yardımlarını esirgemeyen öğrencilerimize teşekkürlerimi sunarım.

Kaynaklar

- Albek, E. (1999). Identification of the Different Sources of Chlorides in Streams by Regression Analysis Using Chloride-Discharge Relationships. *Water Environment Research*, **71**(7), 1310-1319.
- Albek, E. (2000). *Seasonal and Long-term Trends in Sediment Transport of Turkish Streams*. Paper presented at the Proceedings of the MEDCOAST 99- EMECS 99 Joint Conference, Land Ocean Interactions: Managing Coastal Ecosystems, Ankara, Turkey.
- Albek, E. ve Göncü, S. (2005). Türkiye Akarsularında Askıda Katı Madde Değişiminin Yıllar Boyu İncelenmesi. *Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, **6**(2), 183-190.
- Anonim. (2007). *Türkiye İklim Değişikliği Birinci Ulusal Bildirimi* (T. C. Ç. v. O. Bakanlığı Ed.). Ankara: T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı.
- Anonim. (2008). *İklim Değişikliği ve Yapılan Çalışmalar* (T. C. Ç. v. O. Bakanlığı Ed.). Ankara.
- Aroner, E. R., IV., U. S. E. P. A. R. ve Tetra Tech, I. (1993). *WQHYDRO: Water Quality/hydrology Graphics/analysis System: User's Manual*: Eric R. Aroner.
- Ataol, M. (2010). Burdur Gölü'nde Seviye Değişimleri. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, **8**(1), 77-92.

- Aydın, F. ve Topaloğlu, F. (2010). Türkiye Buharlaştırma Verilerinin Gdiş Analizi. *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, **22**(2), 173-184.
- Bayrak, A. (2008). *Sapanca Gölünün hidrojeolojik, hidrolojik ve hidrolik özelliklerinin belirlenmesi ve su bütçesinin tespiti*. (PhD), Sakarya Üniversitesi, Sakarya Üniversitesi. Kaynak: <http://ulusaltezmerkezi.com/sapanca-golunun-hidrojeolojik-hidrolojik-ve-hidrolik-ozelliklerinin-belirlenmesi-ve-su-butcesinin-tespiti/>
- Birkett, C. M. (1995). The contribution of TOPEX/POSEIDON to the global monitoring of climatically sensitive lakes. *Journal of Geophysical Research*, **100**(C12), 25179-25179. doi: 10.1029/95JC02125.
- Büyükyıldız, M. ve Yılmaz, V. (2011). Investigation of Water Level Changes of Some Lakes in Turkey. *Engineering Sciences*, **6**(4), 1061-1073. doi: 10.12739/nwsaes.v6i4.5000066920.
- Çağlar, M. (2009). *Climate Change: Turkey and Its Region*. Paper presented at the 5th World Water Forum, İstanbul, Turkey.
- Cengiz, T. M. ve Kahya, E. (2006). Türkiye göl su seviyelerinin eğilim ve harmonik analizi. *İtü Dergisi/d Mühendislik*, **5**(3), 215-224.
- Ceribası, G., Dogan, E. ve Sonmez, O. (2014). Evaluation of Meteorological and Hydrological Data of Sapanca Basin by Trend Analysis Method. *Journal of Environmental Protection and Ecology*, **15**(2), 705-714.
- Çimen, M. ve Kisi, O. (2009). Comparison of two different data-driven techniques in modeling lake level fluctuations in Turkey. *Journal of Hydrology*, **378**(3-4), 253-262. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2009.09.029>.
- Cleveland, W. S. (1979). Robust Locally Weighted Regression and Smoothing Scatterplots. *Journal of the American Statistical Association*, **74**(368), 829-836. doi: 10.1080/01621459.1979.10481038.
- Dalfez, N. ve Karaca, M. (2008). *Türkiye İçin İklim Değişikliği Senaryoları*: TÜBİTAK KAMAG projesi No.105G015.
- Du, Y., Cai, S., Zhang, X. ve Zhao, Y. (2001). Interpretation of the environmental change of Dongting Lake, middle reach of Yangtze River, China, by 210Pb

- measurement and satellite image analysis. *Geomorphology*, **41**(2-3), 171-181. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0169-555X\(01\)00114-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0169-555X(01)00114-3).
- Esendal, H. (2007). *Eğirdir Gölü Su Seviyesi Mevsimsel Değişiminin Bulanık Mantık Metoduyla Modellenmesi*. (YL Tez), Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta. Kaynak: <http://tara.sdu.edu.tr/vufind/Record/37318/Description>
- Fathian, F., Morid, S. ve Kahya, E. (2015). Identification of trends in hydrological and climatic variables in Urmia Lake basin, Iran. *Theoretical and Applied Climatology*, **119**(3-4), 443-464.
- Göncü, S. ve Albek, E. (2010). Modeling Climate Change Effects on Streams and Reservoirs with HSPF. *Water Resources Management*, **24**(4), 707-726. doi: 10.1007/s11269-009-9466-6.
- Gümüş, V. ve Yenigün, K. (2006). *Aşağı Fırat Havzası Akımlarının Trend Analizi ile Değerlendirilmesi* Paper presented at the Yedinci Uluslararası İnşaat Mühendisliğinde Gelişmeler Kongresi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye. <http://eng.harran.edu.tr/~kyenigun/Yayinlar/B2-ACE7.pdf>
- Guo, L. D. ve Xia, Z. Q. (2014). Temperature and precipitation long-term trends and variations in the Ili-Balkhash Basin. *Theoretical and Applied Climatology*, **115**(1-2), 219-229.
- Hamed, K. H. ve Rao, A. R. (1998). A modified Mann-Kendall trend test for autocorrelated data. *Journal of Hydrology*, **204**(1-4), 182-196.
- Helsel, D. R. ve Hirsch, R. M. (1993). *Statistical Methods in Water Resources*: Elsevier Science.
- Hipel, K. W. ve McLeod, A. I. (1994). *Time Series Modelling of Water Resources and Environmental Systems*: Elsevier Science.
- Hirsch, R. M., Alexander, R. B. ve Smith, R. A. (1991). Selection of methods for the detection and estimation of trends in water quality. *Water Resources Research*, **27**(5), 803-813. doi: 10.1029/91WR00259.
- Hirsch, R. M. ve Slack, J. R. (1984). A Nonparametric Trend Test for Seasonal Data With Serial Dependence. *Water Resources Research*, **20**(6), 727-732. doi: 10.1029/WR020i006p00727.
- Hirsch, R. M., Slack, J. R. ve Smith, R. A. (1982). Techniques of trend analysis for monthly water quality data. *Water Resources Research*, **18**(1), 107-121. doi: 10.1029/WR018i001p00107.
- Jones, R. N., McMahon, T. A. ve Bowler, J. M. (2001). Modelling historical lake levels and recent climate change at three closed lakes, Western Victoria, Australia (c.1840-1990). *Journal of Hydrology*, **246**(1-4), 159-180. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0022-1694\(01\)00369-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0022-1694(01)00369-9).
- Kahya, E. ve Kalaycı, S. (2004). Trend analysis of streamflow in Turkey. *Journal of Hydrology*, **289**(1-4), 128-144. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2003.1.006>.
- Karataş, E. (2006). *Aksaray ili atıksularının Tuz Gölü üzerindeki kirletici etkilerinin araştırılması - Sayfa 30 - Ulusal Tez ve Araştırma Merkezi - Akademik Tezler ve Araştırmalar*. (YL Tez), Niğde Üniversitesi, Niğde. Kaynak: <http://ulusaltezmerkezi.com/aksaray-ili-atiksularinin-tuz-golu-uzerindeki-kirletici-etkilerinin-arastirilmasi/30/>
- Kashima, K. (2002). Environmental and climatic changes during the last 20,000 years at Lake Tuz, central Turkey. *CATENA*, **48**(1-2), 3-20. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0341-8162\(02\)00006-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0341-8162(02)00006-1).
- Kiage, L. M., Liu, K. B., Walker, N. D., Lam, N. ve Huh, O. K. (2007). Recent land-cover/use change associated with land degradation in the Lake Baringo catchment, Kenya, East Africa: evidence from Landsat TM and ETM+. *International Journal of Remote Sensing*, **28**(19). doi: 10.1080/01431160701241753.
- Küçükyaman, D. (2010). *Kovada Gölü'nün hidrolojik ve meteorolojik kuraklık analizi*. (YL Tez), SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta. Kaynak: <https://books.google.com.tr/books?id=jFIFaAEACAAJ>
- Legesse, D. ve Ayenew, T. (2006). Effect of improper water and land resource utilization on the central Main Ethiopian Rift lakes. *Quaternary International*, **148**(1), 8-18. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2005.11.003>.
- Li, X. H. ve Zhang, Q. (2015). Variation of Floods Characteristics and Their Responses to

- Climate and Human Activities in Poyang Lake, China. *Chinese Geographical Science*, **25**(1), 13-25.
- Medina, C. E., Gomez-Enri, J., Alonso, J. J. ve Villares, P. (2008). Water level fluctuations derived from ENVISAT Radar Altimeter (RA-2) and in-situ measurements in a subtropical waterbody: Lake Izabal (Guatemala). *Remote Sensing of Environment*, **112**(9), 3604-3617. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2008.05.001>.
- Mendoza, M. E., Bocco, G., Bravo, M., Granados, E. L. ve Osterkamp, W. R. (2006). Predicting Water-Surface Fluctuation of Continental Lakes: A RS and GIS Based Approach in Central Mexico. *Water Resources Management*, **20**(2), 291-311. doi: 10.1007/s11269-006-8199-z.
- Mercier, F., Cazenave, A. ve Maheu, C. (2002). Interannual lake level fluctuations (1993–1999) in Africa from Topex/Poseidon: connections with ocean–atmosphere interactions over the Indian Ocean. *Global and Planetary Change*, **32**(2–3), 141-163. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0921-8181\(01\)00139-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0921-8181(01)00139-4).
- Molnar, P., Burlando, P. ve Ruf, W. (2002). Integrated catchment assessment of riverine landscape dynamics. *Aquatic Sciences*, **64**(2), 129-140. doi: 10.1007/s00027-002-8061-1.
- Myronidis, D., Stathis, D., Ioannou, K. ve Fotakis, D. (2012). An Integration of Statistics Temporal Methods to Track the Effect of Drought in a Shallow Mediterranean Lake. *Water Resources Management*, **26**(15), 4587-4605.
- Özfidaner, M. (2007). *Türkiye Yağış Verilerinin Trend Analizi ve Nehir Akımları Üzerine Etkisi*. (YL Tez), Çukurova Üniversitesi, Adana. Kaynak: <http://library.cu.edu.tr/tezler/6379.pdf>
- Pasquini, A. I., Lecomte, K. L. ve Depetris, P. J. (2008). Climate change and recent water level variability in Patagonian proglacial lakes, Argentina. *Global and Planetary Change*, **63**(4), 290-298.
- Penny, D. ve Kealhofer, L. (2005). Microfossil evidence of land-use intensification in north Thailand. *Journal of Archaeological Science*, **32**(1), 69-82. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jas.2004.07.002>.
- Sargin, A., Yeniuyurt, C., Yılmaz, E., Taşkıran, F. ve Sönmez, Y. (2012). *Göl Yoksa Burdur da Yok! Çankaya Ankara: Doğa Derneği*.
- Taner, M. Ü., Carleton, J. N. ve Wellman, M. (2011). Integrated model projections of climate change impacts on a North American lake. *Ecological Modelling*, **222**(18), 3380-3393. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2011.07.015>.
- Türkeş, M. (2000). *Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı (2001-2005): İklim Değişikliği Özel İhtisas Komisyonu Raporu*. Ankara: T.C. Kalkınma Bakanlığı.
- Yiğitbaşıoğlu, H. ve Uğur, A. (2010). Burdur Gölü Havzasında Arazi Kullanım Özelliklerinden Kaynaklanan Çevre Sorunları. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, **2**(2), 129-143. doi: 10.1501/Csaum_0000000032.
- Yıldırım, Ü., Erdoğan, S. ve Uysal, M. (2011). Changes in the Coastline and Water Level of the Akşehir and Eber Lakes Between 1975 and 2009. *Water Resources Management*, **25**(3), 941-962. doi: 10.1007/s11269-010-9735-4.
- Yuan, Y. J., Zeng, G. M., Liang, J., Huang, L., Hua, S. S., Li, F., He, Y. (2015). Variation of water level in Dongting Lake over a 50-year period: Implications for the impacts of anthropogenic and climatic factors. *Journal of Hydrology*, **525**, 450-456.
- Yue, S., Pilon, P. ve Cavadias, G. (2002). Power of the Mann-Kendall and Spearman's rho tests for detecting monotonic trends in hydrological series. *Journal of Hydrology*, **259**(1-4), 254-271.
- Zhao, G. J., Hormann, G., Fohrer, N., Zhang, Z. X. ve Zhai, J. Q. (2010). Streamflow Trends and Climate Variability Impacts in Poyang Lake Basin, China. *Water Resources Management*, **24**(4), 689-706.
- Zhou, J., Liang, Z. Y., Liu, Y., Guo, H. C., He, D. ve Zhao, L. (2015). Six-decade temporal change and seasonal decomposition of climate variables in Lake Dianchi watershed (China): stable trend or abrupt shift? *Theoretical and Applied Climatology*, **119**(1-2), 181-191.

İnternet kaynakları

1-<http://www.sapanca.gov.tr/>, (31.10.2016).